

بررسی روند تغییرات دمای اعماق خاک در ایستگاه خرم‌آباد

مصطفی کریمپور، استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

زهرا یار مرادی*، دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

E-mail*: zahra6989@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۸

چکیده

مطالعه دمای اعماق خاک از نظر هواشناسی، اقلیم‌شناسی، کشاورزی، صنعت و دیگر فعالیت‌های زیست‌محیطی اهمیت فراوانی دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی روند دمای اعماق خاک در ایستگاه خرم‌آباد می‌باشد. بدین منظور داده‌های روزانه دمای خاک ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری از سطح زمین در ساعات ۰۳، ۰۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ در دوره آماری ۷ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۳) انتخاب و تجزیه و تحلیل بر روی آن انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین دامنه نوسان روزانه دما در لایه‌های نزدیک به سطح زمین (عمق ۵ سانتیمتری) در ساعات ۶/۵ صبح و ۱۸/۵ عصر در ماه ژوئن (تیرماه) می‌باشد که با افزایش عمق، پیوسته از مقدار آن کاسته می‌شود، به طوری که در عمق ۱۰۰ سانتیمتری به کمترین مقدار خود می‌رسد. همچنین حداقل دما نیز در سطوح بالا (۵ و ۱۰ سانتیمتری) در اوایل ژانویه (دی ماه) و در اعماق پایین‌تر به تدریج تا اواخر دی ماه اتفاق افتاده است. به گونه‌ای که در فصول سردسال درجه حرارت به سمت اعماق خاک روند افزایشی دارد که نشان می‌دهد موج گرمایی حداکثر روزانه دیرتر از موج گرمایی حداقل به ژرفایی معین می‌رسد. علت این امر ناشی از طول موج بزرگ‌تر سرما بوده و امواج بلندتر بهتر در خاک نفوذ می‌کنند. به عبارت دیگر دمای اعماق خاک در ماه ژوئن، بیشترین دامنه تغییرات روزانه را دارد در حالی که در ماه ژانویه و آوریل (دی و فروردین)، کمترین دامنه تغییرات روزانه را داشته، همچنین کمترین دمای مشاهده شده در درون خاک در تمام ماه‌های سال مربوط به عمق پنج سانتیمتری بوده که نشان از نفوذ سریع دمای سطحی به داخل خاک و تأثیرپذیری سریع تر لایه‌های بالایی از سطح خاک است.

واژه‌های کلیدی: روند، دمای اعماق خاک، خرم‌آباد.

۱- مقدمه

بیش ضخیم، روی سنگ اولیه را که هنوز تحت تأثیر عوامل خارجی واقع نشده، می‌پوشاند. در نتیجه تأثیر عوامل جوی (آب، اکسیژن، گاز کربنیک و غیره) مواد معدنی متعددی به وجود می‌آید. طبقه‌ای که از تخریب سنگ به طریق مذکور به وجود آمده است، به محیط زندگی و محل فعالیت موجودات پست و عالی تبدیل می‌گردد (کردوانی، ۱۳۸۷).

به‌طور کلی، تأثیر متقابل پنج عامل آب و هوا، موجودات

خاک مجموعه‌ای از ذرات و اجسام طبیعی مرکب از مواد آلی و معدنی است که پوسته خارجی زمین را پوشانده و ویژگی‌هایی دارد که در نتیجه تأثیرات متقابل آب و هوا، موجودات زنده و توپوگرافی بر روی سنگ مادر در طول زمان حاصل شده است (رهنمایی، ۱۳۸۹).

سنگ‌های سفت و سخت موجود در سطح زمین، در نتیجه تأثیر عوامل فیزیکی به مرور زمان خرد می‌شوند. این مواد که از تخریب سنگ حاصل شده، به‌صورت طبقه‌ای کم و

زنده، سنگ مادر، توپوگرافی و زمان، سبب تشکیل خاک می‌گردد، بنابراین خاک پدیده‌ای طبیعی است که بیشتر در همه جا و در هر نوع شرایط آب و هوایی می‌تواند وجود داشته باشد (کردوانی، ۱۳۸۷). خاک ضمن نگهداری گیاهان به‌عنوان تکیه‌گاه مکانیکی، تأمین‌کننده‌ی آب و مواد غذایی برای آن نیز می‌باشد (کردوانی، ۱۳۸۷). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های دمای خاک، آن است که منشأ اثرات مهمی بر روی فرآیندهای متفاوت فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی خاک است و در تبادلات انرژی بین سطح خاک و جو نقش ویژه‌ای دارد (خوشخو، ۱۳۸۸). دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم‌ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه میزان و جهت تمامی فرآیندهای فیزیکی خاک به نحو مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به آن است (نجفی مود، ۱۳۸۷). با توجه به این‌که گیاهان برای جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر نیازمند یک دمای مطلوب‌اند، برای فراهم آوردن این دما می‌توان زمان مناسبی را برای بذرکاری تعیین نمود و یا عمق مناسبی را برای بذر انتخاب کرد. برای کشاورزان تعداد روزهای لازم برای جوانه‌زنی پس از کاشت اهمیت داشته و دمای بسیار زیاد و یا بسیار کم، جوانه‌زنی را با تأخیر مواجه می‌سازد (علیزاده، ۱۳۸۷).

دمای خاک در اعماق بیش از شش تا هشت متری ناچیز بوده اما، در اعماق پایین‌تر ثابت مانده و تغییری نمی‌کند. در مناطق استوایی نوسان دما فقط تا عمق یک متری قابل توجه است و از سطح به عمق خاک دما کاهش می‌یابد (Smit et al., 1964).

(Baggz, 1982) در مقاله‌ای تلاش نمود نقشه‌ی خاک استرالیا را به‌منظور پیش‌بینی توزیع دمای زمین تهیه نماید. وی با توجه به این‌که خانه‌های زیرزمینی در استرالیا هواداران بسیاری پیدا کرده بود و در ضمن آمار درجه‌ی حرارت زمین برای مکان‌یابی مناسب این‌گونه ساختمان‌ها در دسترس نبود، اقدام به تهیه‌ی داده‌های طولانی‌مدت درجه‌ی حرارت زمین از ۲۰ مکان نمود و با استفاده از آن داده‌ها، نقشه‌ی هم‌دمای خاک را در اعماق مختلف را ترسیم نمود (Baggz, 1982).

می‌هالاکاکو (Mihalakako, 2001)^۱ به منظور مدل‌سازی و برآورد تغییرات روزانه و سالانه‌ی دمای سطح زمین از روش‌های مدل تجربی و نظریه‌ی شبکه عصبی استفاده نمود. وی اعتبار هر دو روش را نسبت به دستگاه‌های عظیم اندازه‌گیری دمای خاک در شهرهای آتن و دوبلین سنجید. در نهایت، مقایسه‌ی هر دو مدل نشان داد که روش پیشنهادی در این پژوهش قادر به برآورد نسبی توزیع و پراکندگی دمای سطح زمین است (Mihalakako, 2001).

(Paul et al., 2004) به‌منظور پیش‌بینی درجه‌ی حرارت خاک در لایه‌های زیرین انواع جنگل در ۵۱ مکان استرالیای جنوبی، از یک مدل ساده استفاده نمودند (Paul et al., 2004). روشی عددی را برای برآورد دمای خاک بر مبنای تأثیر همرفت حرارتی خاک ارائه کردند که به نتایج خوبی منتهی شد (Gauo et al., 2007). با مقایسه دماهای سطح زمین و نیم‌رخ اعماق زمین، به‌منظور پیش‌بینی دماهای اعماق خاک در نیمکره شمالی، از مدل POM-SAT استفاده و نتیجه گرفت که مدل یاد شده وسیله‌ی خوبی برای بازسازی آب و هوا در دوره‌های معین است (Hariss, 2007).

با استفاده از مدل انتقال درجه‌ی حرارت هوا به خاک،

کشاورزان همواره از خسارت زمستانی ناشی از یخبندان در زمینی که بذرپاشی شده است، بیمناکند، زیرا در اثر یخبندان جوانه‌های تازه از زمین کنده شده یا ریشه‌های آن‌ها پاره می‌شود (کاوایانی؛ ۱۳۸۰). با توجه به این توضیحات، شناخت محیط خاک و آگاهی از رژیم حرارتی خاک و نوسانات دمایی آن، در امر کشاورزی از خسارات احتمالی جلوگیری کرده و افزایش بازده محصولات کشاورزی را موجب می‌شود.

(smit et al., 1964) مطالعاتی بر روی تغییرات روزانه و سالانه‌ی درجه حرارت خاک برای نقاط مختلف و عرض‌های متفاوت جغرافیایی انجام داده و به این نتیجه رسیدند که، در مناطق معتدل، نوسان فصلی یا سالانه

دمای حداقل زمین و حداقل هوا پرداخت و به این نتیجه رسید که بین این دو متغیر ضریب همبستگی کاملاً قوی برقرار است و مدل همبستگی از پتانسیل خوبی برای تعیین دمای حداقل زمین از طریق دمای حداقل هوا برخوردار است. باقری (۱۳۸۴) با هدف مطالعه دمای خاک در بروز پدیده یخبندان در کبوترآباد اصفهان به بررسی تغییرات سالانه، ماهانه و روزانه دمای اعماق مختلف خاک پرداخته و همبستگی لازم بین پارامترهای حداقل دمای هوا، حداقل دمای خاک و حداقل دمای سطح زمین را به دست آورده است. براتیان (۱۳۸۴) تأخیر زمانی در اعماق خاک ایستگاه شهرکرد را بررسی نمود. در این پژوهش رابطه دمای اعماق خاک با دمای هوا برآورد شد و ضریب همبستگی R در سطح ۹۹ درصد معنی دار گزارش شد.

بهبار و همکاران (۱۳۸۶) به منظور پیش‌بینی دمای حداقل و روش‌های مبارزه با یخبندان و سرمازدگی در استان چهارمحال و بختیاری، دمای اعماق خاک در این استان را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تغییرات ماهانه دمای خاک نسبت به زمان، موجی شکل است و هرچه عمق خاک بیشتر می‌شود، دامنه تغییرات دما به‌طور نمایی کاهش می‌یابد (بهبار و کمالی؛ ۱۳۸۶).

علیزاده و همکاران (۱۳۸۷) به منظور برآورد عمق یخبندان خاک و ارائه‌ی یک رابطه‌ی ساده و منطقی بین درجه حرارت هوا و اعماق مختلف خاک در شهرستان‌های استان خراسان رضوی، مطالعه‌ای بر روی داده‌های جمع‌آوری شده درجه حرارت هوا در اعماق مختلف خاک از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی استان انجام دادند. نتایج به ارائه‌ی یک مدل درجه دوم به ازای هر عمق خاک منجر شد (علیزاده و همکاران؛ ۱۳۸۷).

سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از داده‌های دمای هوا، تابش خورشیدی، بارندگی، رطوبت نسبی هوا، فشار و بخار آب، سرعت باد و فشار هوای یک دوره ۱۰ ساله هشت ایستگاه منتخب هواشناسی، روابط تجربی جهت برآورد دمای روزانه خاک در اعماق گوناگون برای

شاخص‌های حرارتی حد رویش درختان را در منطقه آلپ سوئیس برآورد نمودند. آن‌ها به دلیل در دسترس نبودن داده‌های خاک از مدل ASTRAMO استفاده کردند. این مدل با استفاده از درجه حرارت روزانه هوا، متوسط درجه حرارت روزانه محدوده ریشه گیاه (عمق ۱۰ سانتی‌متری از سطح زمین) را پیش‌بینی می‌کنند (Gahrik et al., 2008).

(Peng et al., 2009) نیز به بررسی رابطه تنفس زمین با دما در اکوسیستم‌های گوناگون چین پرداختند. نتایج حاصل از ترکیب ۱۶۱ آمار اندازه‌گیری شده از ۵۲ برگ درخت پراکنده در محدوده مورد مطالعه نشان داد که مقدار Q_{10} (عاملی که به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دما، تنفس زمین افزایش می‌یابد)، به شدت به دمای اندازه‌گیری شده در عمق خاک وابسته است (Peng et al., 2009). در مطالعه‌ای در ناحیه ترومبی برای برآورد اختلاف شبانه‌روزی دماهای اعماق خاک، از روش موجک استفاده کردند. موجک سری خاصی از توابع ریاضی است که اولین بار توسط آلفرد هار برای تجزیه سیگنال‌های پیوسته به مولفه‌های تناوبی آن به‌کار برده شد (Heryharan et al., 2009). در فلات کینگای-تبت با استفاده از دامنه شبانه‌روزی فصلی دمای سطح زمین و نیز داده‌های مربوط به گرمایش جهانی از یک مدل عددی یک بعدی انتقال گرما برای شبیه‌سازی رژیم دما در لایه پرمافروست واقع در زیر خاکریزهای بزرگراه‌ها، به منظور کاربرد در احداث بزرگراه و خط آهن استفاده کردند (Kinn and Hiler, 2011). از یک مدل تحلیلی برای برآورد قابلیت هدایت گرمایی خاک استفاده کرد (Peer, 2011). با یک مدل وایازی چندگانه غیرخطی دمای خاک تا عمق سه متری در دو ایستگاه کشور هنگ کنگ پیش‌بینی کردند. ورودی‌های مدل شامل شماره روز سال، عمق خاک و دمای هوا بودند. به نظر آنان مدل وایازی به کار رفته، یک مدل سریع و دقیق برای برآورد دماها در اعماق زمین است (Chaw et al., 2011). مهدویان (۱۳۸۳) به تعریف رابطه و مدل همبستگی بین

اسدی و همکاران (۱۳۹۳) با برآورد دمای خاک با استفاده از روش‌های نوین داده کاوی به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق، میزان تاثیر پارامترهای هواشناسی و دقت پیش‌بینی دمای خاک کاهش می‌یابد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۳).

با بررسی پیشینه پژوهش، چنین استنباط می‌شود که مطالعه روند دمای خاک به علت ارتباط تنگاتنگی که با مدیریت پایدار کشاورزی دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات دمای اعماق خاک در مقیاس روزانه و سالانه است.

۲- روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحتی در حدود ۲۸۱۵۷ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران بین ۶۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده و ۱/۷ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. میانگین ارتفاع این استان بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شهرستان خرم‌آباد در ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی استان واقع شده است (شکل ۱).

به منظور بررسی روند دمای خاک در خرم‌آباد، داده‌های روزانه درجه حرارت سطح زمین و اعماق مختلف خاک (اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری) در ساعات ۰۳، ۰۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ در دوره آماری ۷ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۳) از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. جهت تکمیل نواقص آماری از روش رگرسیون استفاده شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. همچنین تأثیر عامل‌های مختلف محیطی مانند دمای هوا، بارش، ساعات

چهار اقلیم متفاوت پیشنهاد دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که روابط پیشنهادی در سطح معنی‌داری جهت برآورد دمای خاک در اعماق و اقلیم‌های مورد نظر قابل اعتماد می‌باشد. همچنین نشان داده شد که اهمیت تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در اقلیم‌های مختلف یکسان نمی‌باشد (سبزی‌پرور؛ ۱۳۸۸).

مزیدی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی روند دمای اعماق خاک در ایستگاه یزد پرداخته و داده‌های روزانه دمای خاک در ایستگاه سینوپتیک یزد در اعماق مختلف و در ساعات ۰۳، ۰۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ، در دوره آماری پنج ساله را انتخاب و تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که بیشترین دامنه نوسان روزانه دما در لایه‌های نزدیک به سطح زمین (عمق پنج سانتی‌متری) در ساعت ۶/۵ صبح و در فروردین ماه می‌باشد و با افزایش عمق پیوسته از مقدار آن کاسته می‌شود (مزیدی و همکاران او؛ ۱۳۸۹). مزیدی و فلاح زاده (۱۳۹۰) در بررسی روند دمای سالانه خاک در ایستگاه یزد به این نتیجه رسیدند که موج گرمایی حداکثر روزانه، دیرتر از موج گرمایی حداقل روزانه به ژرفایی معین می‌رسد.

قائمی‌نیا و عظیم‌زاده (۱۳۹۲) به ارزیابی مدل‌های خطی و درجه دو برای برآورد دمای سطحی خاک با استفاده از دمای هوا در چهار اقلیم ایران پرداخته و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های درجه دو دارای دقت بیشتری در برآورد دمای خاک در عمق پنج سانتی‌متر بوده و دمای خاک در ماه‌ها و اقلیم‌های مختلف متفاوت است (قائمی‌نیا و عظیم‌زاده؛ ۱۳۹۲).

مجرد و صادقی (۱۳۹۲) با بررسی رابطه دمای سطح زمین با اعماق خاک در استان کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که با افزایش ژرفای خاک، دامنه نوسان سالانه دما و به‌ویژه دامنه شبانه‌روزی دما کاهش می‌یابد تا اینکه در عمق ۰/۵ متری، کمابیش اختلاف شبانه‌روزی دما از بین رفته و نوسانات شبانه‌روزی دمای هر عمق در تابستان بیشتر از فصل‌های دیگر است (مجرد و صادقی، ۱۳۹۲).

کمینه دمای خاک در سه اندازه‌گیری مذکور در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۶/۸، ۸، ۳/۲، ۱/۲، ۰/۲- و ۰/۲ و در اردیبهشت ماه ۶/۸، ۷/۲، ۳/۴، ۱/۲، ۰/۲- و ۰ بوده و در خرداد ماه ۶/۸، ۳، ۱/۲، ۰ و ۰ می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در تمام عمق‌های خاک در اوایل فروردین بیشتر از آخر فروردین ماه است. علاوه بر این، تغییرات قابل توجه میانگین دمای خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر، حداکثر تا عمق ۵۰ سانتی‌متری دارای نوسان است.

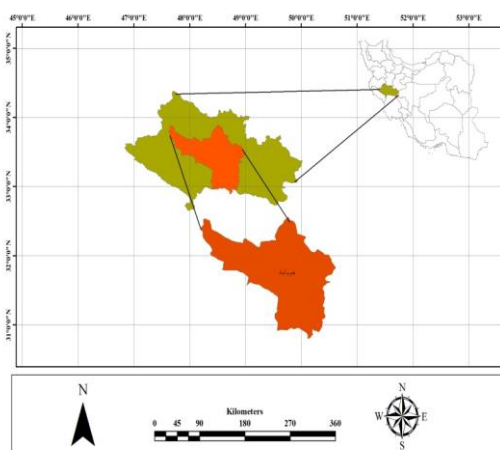
در اردیبهشت ماه، دمای خاک در اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری در ساعات ۱۲/۳۰ و ۱۸/۳۰، بیشتر از دمای این اعماق در ساعت ۶/۳۰ است، که این امر به دلیل وجود بارندگی و مرطوب بودن خاک است و باعث ایجاد نوساناتی در این اعماق شده است. قابل ذکر است که مرطوب بودن خاک سبب تسریع در انتقال حرارتی خاک می‌شود.

تغییرات دمای خاک نسبت به زمان، موجی شکل بوده و هر چه عمق خاک بیشتر می‌شود، دامنه تغییرات دما به طور نمایی کاهش می‌یابد. این روند در تمام مؤلفه‌های دمایی مورد بررسی قابل مشاهده است.

نوسان دمای خاک در بخش‌های سطحی با نوسان انرژی خورشیدی هماهنگ است. با دور شدن از سطح خاک، تغییرات دما نیز کمتر شده و برای رسیدن به مقدار حداکثر زمان بیشتری لازم است. در فروردین ماه بیشترین دما در عمق‌های ۱۰ سانتی‌متری در ساعت ۱۸/۳۰ عصر اتفاق می‌افتاد که علت آن تأخیر زمانی انتقال دما در خاک است.

در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود تغییرات دمای خاک در لایه‌های سطحی در سه زمان از سال از نوسان خاصی تبعیت می‌کند، به طوری که در روز اول تیر ماه در زمان نزدیک به طلوع خورشید دما در عمق پنج سانتی‌متری ۲۵ درجه و با نزدیک شدن به موقع ظهر در وسط روز ۳۷/۲ و در عصر دما ۳۸/۴ درجه می‌باشد.

آفتابی بر روی دمای خاک در اعماق مختلف در طول یک سال نیز بررسی شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

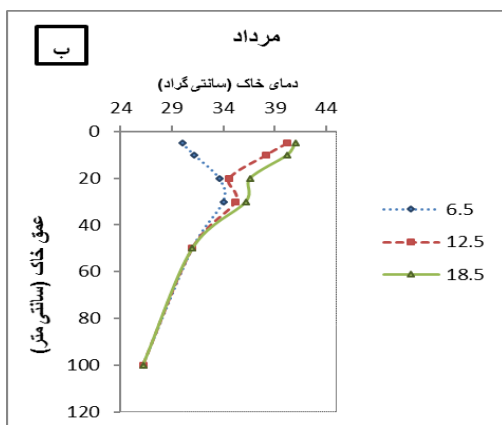
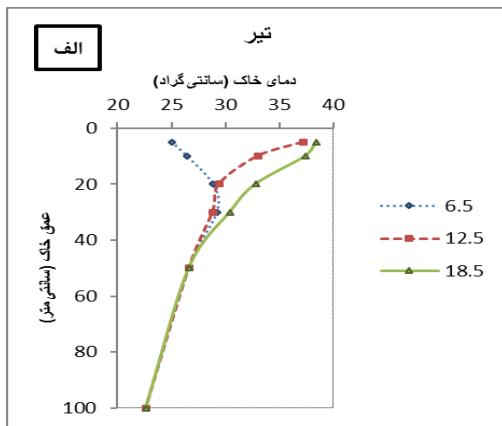
۳- بحث

انتقال گرما و اقلیم حرارتی خاک توسط چهار عامل حرارتی کنترل می‌شود که شامل هدایت حرارتی، ظرفیت گرمایی، قابلیت انتشار حرارتی و پذیرش حرارتی (کاوینانی، ۱۳۸۰). با گرم شدن سطح زمین، موج گرمایی پس از مدت زمانی نسبتاً زیاد به قشرهای عمیق‌تر سطح زمین نفوذ می‌کند. معمولاً تغییرات دما در خاک به صورت تصاعد هندسی است. مثلاً در عمق ۱۲ متری دما به نصف و در عمق ۲۴ سانتی‌متری به یک چهارم می‌رسد.

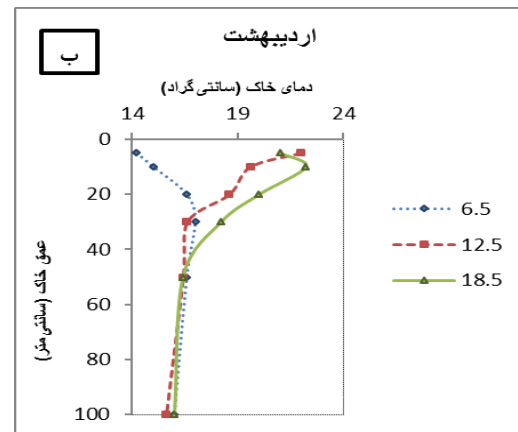
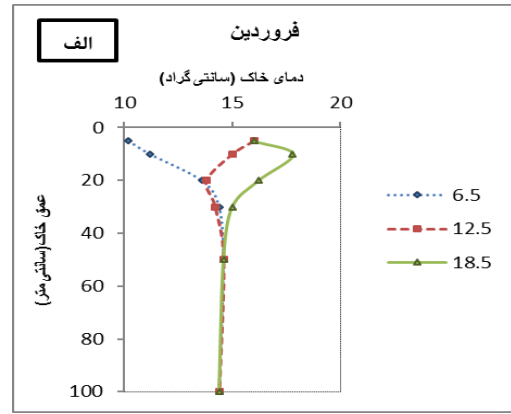
برای بررسی این امر در ایستگاه خرم‌آباد نمودارهای تغییرات دما در خاک در ماه‌های مختلف با استفاده از نرم افزار اکسل تهیه و مورد پردازش قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، تغییرات دمای خاک در لایه‌های سطحی از نوسان خاصی تبعیت می‌کند. به نحوی که در فروردین در زمان نزدیک به طلوع خورشید، دما در عمق پنج سانتی‌متری ۱۰/۶ و با نزدیک شدن به موقع ظهر، در وسط روز ۱۷/۲ و در عصر دما ۱۷/۴ می‌باشد. اما دامنه تغییرات دما در لایه سطحی خاک حداکثر بوده و با افزایش عمق خاک، کاهش می‌یابد. بررسی‌های بیشتر بیان‌گر آن است که تفاوت بیشینه و

۱۰۰ سانتی متر به ترتیب برابر با ۱۳/۴، ۱۱، ۴، ۱/۲، ۰/۰ و ۰/۰ و در مرداد ماه ۱۱، ۹، ۳، ۲/۲، ۰/۰ و ۰/۰ بوده و در شهریور ماه ۱۳/۴، ۱۰/۴، ۳/۴، ۱/۲، ۰/۲- و ۰/۲ می باشد. این نتایج نشان می دهد که تغییرات در تمام عمق های خاک در تیر ماه بیشتر از شهریور است. علاوه بر این، تغییرات قابل توجه میانگین دمای خاک در ساعات ۶/۵ صبح، ۱۲/۵ ظهر و ۱۸/۵ عصر حداکثر تا عمق ۵۰ سانتی متری دارای نوسان است.

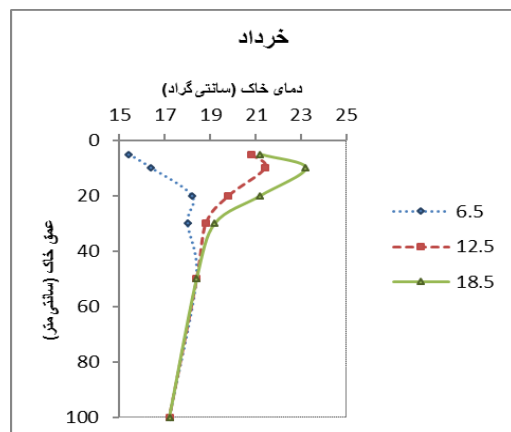
همان طور که در شکل های ۶ و ۷ مشاهده می شود، تغییرات دمای خاک در لایه های سطحی در سه زمان از سال از نوسان خاصی تبعیت می کند، به طوری که در دی ماه در زمان نزدیک به طلوع خورشید دما در عمق پنج سانتی متری هفت درجه و با نزدیک شدن به ظهر در وسط روز به ۱۰ و در عصر دما ۱۰/۲ درجه می باشد.



شکل ۴. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (تیر و مرداد)

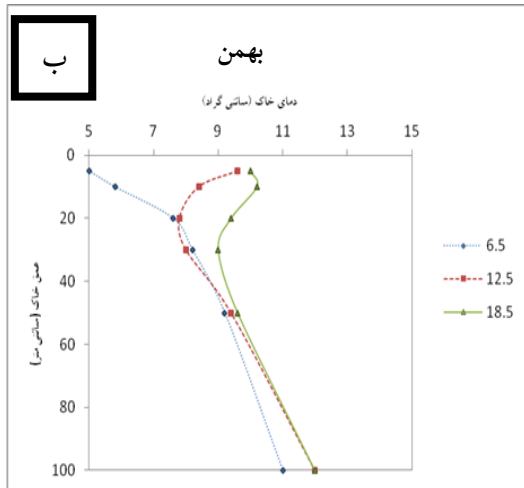


شکل ۲. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (فروردین و اردیبهشت)

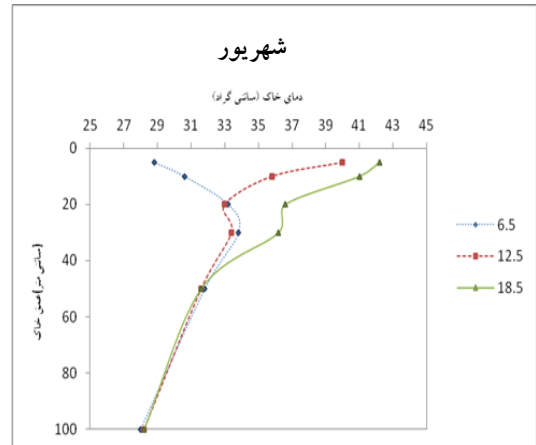


شکل ۳. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۵ صبح، ۱۲/۵ ظهر و ۱۸/۵ عصر (خرداد)

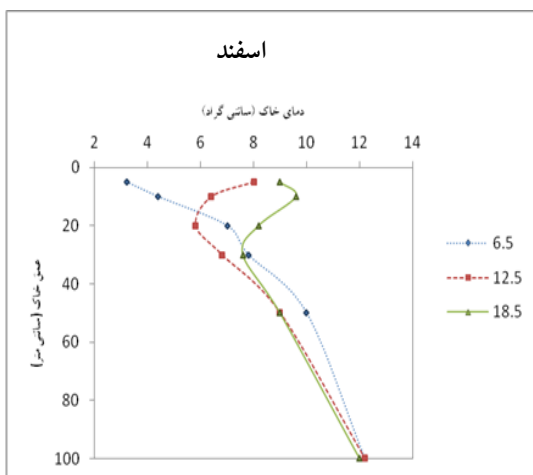
اما دامنه تغییرات دما در لایه سطحی حداکثر بوده و با افزایش عمق خاک، کاهش می یابد. بررسی های بیشتر بیان گر آن است که تفاوت بیشینه و کمینه دمای خاک در سه اندازه گیری مذکور در عمق های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰



شکل ۶. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (دی و بهمن)



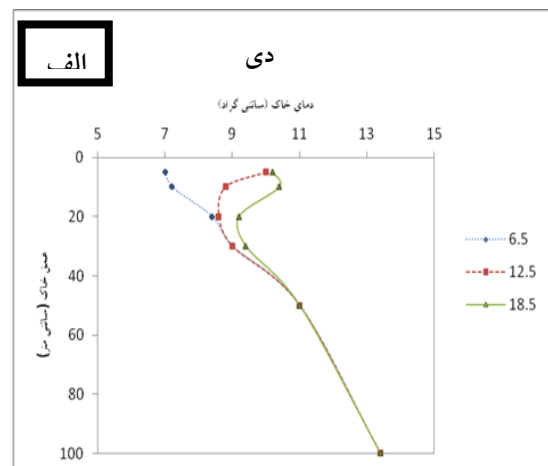
شکل ۵. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (شهریور)

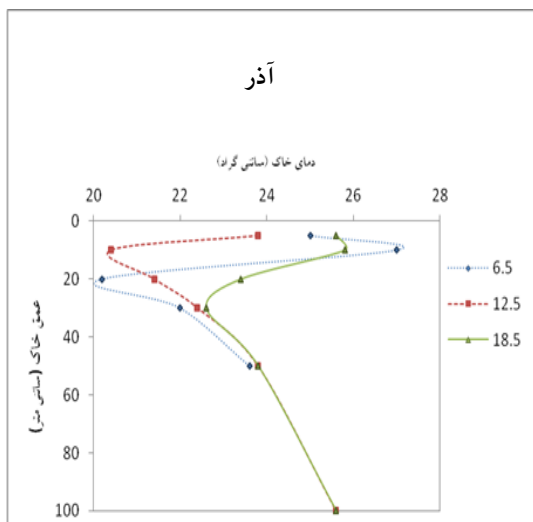


شکل ۷. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (اسفند)

همان‌طور که در شکل شماره ۶ مشخص است دما در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری بیشتر از دما در لایه سطحی خاک است که علت آن به خاطر سرما و یخبندان لایه سطحی در این فصل می‌باشد. همان‌طور که در شکل‌های ۸ و ۹ مشاهده می‌شود تغییرات دمای خاک در لایه‌های سطحی در سه زمان از سال از نوسان خاصی تبعیت می‌کند، به‌طوری که در اوایل مهر ماه در زمان نزدیک به طلوع خورشید دما در عمق پنج سانتی‌متری $23/4$ درجه و با نزدیک شدن به ظهر، در وسط روز به $33/4$ و در عصر دما $33/2$ درجه می‌باشد. اما دامنه تغییرات دما در لایه سطحی حداکثر بوده و با افزایش عمق خاک، کاهش می‌یابد.

اما دامنه تغییرات دما در لایه سطحی حداکثر بوده و با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. بررسی‌های بیشتر بیان‌گر آن است که تفاوت بیشینه و کمینه دمای خاک در سه اندازه‌گیری مذکور در عمق‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با $3/2$ ، $3/2$ ، $0/8$ ، $0/4$ ، $0/4$ و $0/2$ و در بهمن ماه ۵، $4/4$ ، $1/8$ ، $0/8$ ، $0/4$ و ۱ بوده و در اسفند ماه $5/8$ ، $5/2$ ، $1/2$ ، $0/2$ ، -1 و $-0/2$ می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در تمام عمق‌های خاک در آخر ماه ژانویه بیشتر از اول ماه ژانویه است. در بهمن و اسفند ماه به دلیل افزایش ساعات آفتابی، نوساناتی در اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری ایجاد شده‌است. علاوه بر این، تغییرات قابل توجه میانگین دمای خاک در ساعات ۶/۵ صبح، ۱۲/۵ ظهر و ۱۸/۵ عصر حداکثر تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری دارای نوسان است.



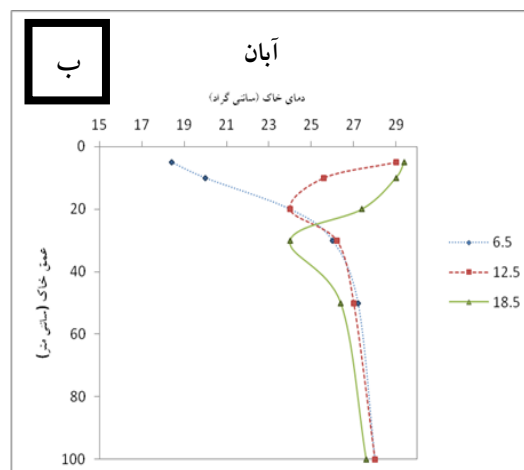
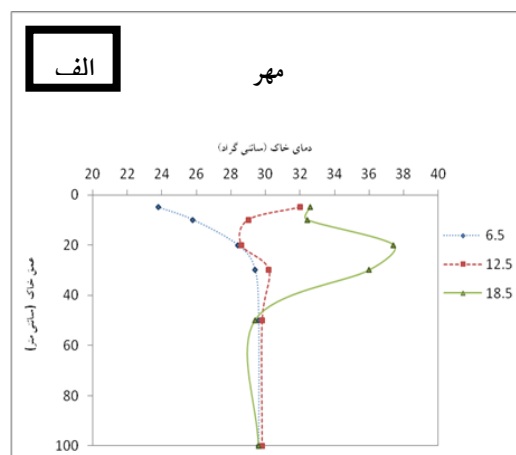


شکل ۹. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (آذر)

۴- نتایج

تغییرات دمای خاک در لایه‌های سطحی از نوسان خاصی تبعیت می‌کند و با افزایش عمق خاک، کاهش می‌یابد تغییرات دمای خاک نسبت به زمان، موجی شکل بوده و هر چه عمق خاک بیشتر می‌شود، دامنه تغییرات دما کاهش می‌یابد. این روند در تمام مؤلفه‌های دمایی مورد بررسی قابل مشاهده است. نوسان دمای خاک در بخش‌های سطحی با نوسان انرژی خورشیدی هماهنگ است. با دور شدن از سطح خاک، تغییرات دما نیز کمتر شده و برای رسیدن به مقدار حداکثر زمان بیشتری لازم است. با بررسی شرایط دمایی خاک در ایستگاه خرم آباد نتایج نشان داد که بیشترین دما در اوایل تیرماه در عمق ۵ سانتی‌متری اتفاق می‌افتد، ولی با افزایش عمق زمان رسیدن به دمای حداکثر به تعویق می‌افتد، به طوری که در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری با یک تاخیر زمانی در اوایل مرداد اتفاق می‌افتد. در حالی که در فصل زمستان حداقل دما در لایه‌های سطحی خاک رخ می‌دهد. به بیان دیگر در ماه‌های گرم سال با افزایش عمق خاک دما کاهش می‌یابد و اختلاف بین دمای اعماق خاک در اوایل تیر به بیشترین مقدار خود می‌رسد، ولی دامنه تغییرات روزانه دما کاهش می‌یابد. در ماه‌های سرد سال هر چه بر عمق خاک افزوده شود دما نیز افزایش می‌یابد و از میزان

بررسی‌های بیشتر بیان‌گر آن است که تفاوت بیشینه و کمینه دمای خاک در سه اندازه‌گیری مذکور در عمق‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۹/۸، ۷/۸، ۳/۶، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۲- در آبان ماه ۹، ۳/۴، ۰/۲، ۰/۸- و ۰/۴- بوده و در آذر ماه ۵/۲، ۳/۸، ۰/۲، ۱/۶، ۰/۲- و ۰ می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در تمام عمق‌های خاک در اول مهر بیشتر از آخر ماه آذر است. علاوه بر این، تغییرات قابل توجه میانگین دمای خاک در ساعات ۶/۵ صبح، ۱۲/۵ ظهر و ۱۸/۵ عصر حداکثر تا عمق ۵۰ سانتی‌متری دارای نوسان است. در مهر و آبان ماه نیز، بالا بودن ساعات آفتابی در روزهای اول، عمق‌های ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری را دچار نوساناتی کرده است.



شکل ۸. برش قائم رابطه بین دما و عمق خاک در ساعات ۶/۳۰ صبح، ۱۲/۳۰ ظهر و ۱۸/۳۰ عصر (مهر و آبان)

اختلاف بین دمای اعماق خاک نسبت به تابستان کاسته می‌شود و بر مقدار نوسانات روزانه دما افزوده می‌شود. به‌طور کلی لایه‌های سطحی زمین بیشترین نوسان روزانه دما را نشان می‌دهد و این نوسان با افزایش عمق به مرور کاهش می‌یابد. بنابراین اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی متری کمترین دامنه تغییرات روزانه دما را دارند و این اعماق در ماه‌های گرم سال سردتر و در ماه‌های سرد سال گرمتر از سایر اعماق می‌شوند. به‌گونه‌ای در مورد زیرزمین‌ها، سرداب‌ها و آب چشمه‌ها نیز این امر مشهود است. معمولاً دامنه نوسان دمای ماهانه خاک تا عمق ۴۰ سانتی متری مشاهده می‌شود و از آنجا به بعد روند عادی دما (کاهش یا افزایش) مشاهده می‌گردد. در نتیجه این عمق تقریباً دمای متوسط ماهانه منطقه را نشان می‌دهد. کمترین دمای مشاهده شده در عمق ۵ سانتی متری بوده که نشان از نفوذ سریع دمای سطح به داخل خاک و تاثیرپذیری سریع‌تر لایه‌های بالایی از سطح خاک است؛ اما بیشترین دمای خاک همیشه در سطح خاک نیست. به‌طوری‌که عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در ماه‌های سرد، گرم‌تر از لایه‌های بالایی می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً ناشی از سردی زمین در فصل سرد بوده که گرمای روزانه نمی‌تواند تاثیر زیادی در عمق خاک داشته باشد. کلیه شکل‌های موجود در این مقاله حاکی از نفوذ بهتر موج سرما در خاک می‌باشد، یعنی موج سرما نسبت به موج گرمایی بهتر در خاک نفوذ می‌کند علت این امر ناشی از طول موج بزرگ‌تر سرما بوده و امواج بلندتر بهتر در خاک نفوذ می‌کنند.

۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

با بررسی شرایط دمایی خاک در ایستگاه خرم‌آباد مشخص شد که در عمق پنج سانتی‌متری، بیشترین دما در اوایل ماه ژوئن یعنی اوایل تیرماه اتفاق می‌افتد؛ اما با افزایش عمق، زمان رسیدن به دمای حداکثر به تعویق می‌افتد. حداقل دما نیز در سطوح بالاتر در اوایل و اواسط ماه ژانویه (دی‌ماه) و در اعماق پایین‌تر به تدریج تا اواخر ژانویه اتفاق می‌افتد. در فصول گرم سال (تیر، مرداد و شهریور)، درجه‌ی حرارت خاک به سمت اعماق، روند کاهشی دارد و اعماق نزدیک به سطح به دلیل دریافت انرژی بیشتر، گرم‌تر از اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری هستند. این روند در ماه ژوئن یعنی اوایل تیر ماه شدت

می‌یابد، اما در فصول سرد سال (دی، بهمن و اسفند)، این روند برعکس می‌باشد و درجه‌ی حرارت خاک به سمت اعماق بیشتر، روند افزایشی دارد که این روند در ماه ژانویه (دی) شدت می‌یابد و همواره دمای خاک در اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری، بیشتر از دمای خاک در اعماق پنج تا ۳۰ سانتی‌متری است. به‌طور کلی دمای اعماق خاک در ماه ژوئن، بیشترین دامنه تغییرات روزانه را دارد. دمای اعماق خاک در ماه ژانویه و آوریل (دی و فروردین)، کمترین دامنه تغییرات روزانه را دارد. کمترین دمای مشاهده شده در درون خاک در تمام ماه‌های سال مربوط به عمق پنج سانتی‌متری بوده که نشان از نفوذ سریع دمای سطحی به داخل خاک و تاثیرپذیری سریع‌تر لایه‌های بالایی از سطح خاک است اما بیشترین دمای خاک همیشه در سطوح بالای خاک نیست. به‌طوری‌که عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در ماه‌های سرد، گرم‌تر از لایه‌های بالایی می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً ناشی از سردی زمین در فصل سرد بوده که گرمای روزانه نمی‌تواند تاثیر زیادی در عمق خاک داشته باشد. کلیه شکل‌های موجود در این مقاله حاکی از نفوذ بهتر موج سرما در خاک می‌باشد، یعنی موج سرما نسبت به موج گرمایی بهتر در خاک نفوذ می‌کند علت این امر ناشی از طول موج بزرگ‌تر سرما بوده و امواج بلندتر بهتر در خاک نفوذ می‌کنند.

۶- پی نوشت‌ها

1. Mihalakakou

۷- منابع

- اسدی، لیدا؛ هزار چرپی، ابوطالب؛ قربانی، خلیل؛ ذاکری نیا، مهدی؛ آقاشریعتمداری، زهرا، (۱۳۹۳) "نخمن دمای خاک با استفاده از روش‌های نوین داده کاوی"، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۸، ص ۱۴۵-۱۵۲.

- باقری، اعظم، (۱۳۸۴) "مطالعه دمای خاک در بروز پدیده یخبندان در کبوتر آباد اصفهان"، همایش علمی

آزاده؛ موسوی، جواد.، (۱۳۸۷) "بررسی رابطه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان (مطالعه موردی استان خراسان رضوی)"، مجله آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۲.

- مهدویان، عبدالرضا.، (۱۳۸۳) "بررسی رابطه بین دمای حداقل زمین و حداقل هوا"، سازمان هواشناسی کشور.

- مجرد، فیروز، صادقی، حدیث.، (۱۳۹۲) "بررسی رابطه دمای سطح زمین با اعماق خاک در کرمانشاه"، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۱، ص ۱۱۸-۱۰۱.

- مزیدی، احمد، فلاح زاده، فاطمه.، (۱۳۹۰) "روند دماهای سالانه خاک در ایستگاه یزد"، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۴، ص ۵۰-۳۹.

- قائمی نیا، علی محمد، عظیم زاده، حمید رضا.، (۱۳۹۲) "ارزیابی مدل‌های خطی و درجه دو برای برآورد دمای سطحی خاک با استفاده از دمای هوا در چهار اقلیم ایران"، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۳۷، شماره ۲، ص ۲۵۳ تا ۲۶۲.

- Bier, R. A., (2011) " Vertical Temperature Profile in Ground Heat Exchanger During in-situ Test", Renewable Energy, No. 36, PP. 1578-1587.

- Chow, T. T., Long, H., Mok, H. Y., Li, K. W., (2011) "Estimation of Soil Temperature Profile in Hong Kong from Climatic Variables", Energy and Buildings, No. 43, PP. 3568-3575.

- Gehrig, Fasel, J.; Guisan, A.; Zimmermann, N. E., (2008) " Valuating Treeline Indicators Based on Air and Soil Temperature a Sing an Air- to- Soil Temperature Transfer Model", Ecological Modelling, Vol. 213.

- Gao, Z., Bian, L., Hu, Y., Wang, L., Fan, J., (2007) "Determination of Soil Temperature in an Arid Region, Journal of Arid Environments", No. 71, PP. 157-168.

- Hariharan, G., Kannan, K., Sharma, K., (2009) "Haar Wavelet in Estimating Depth Profile of Soil Temperature", Applied Mathematics and Computation, No. 210, PP. 119-125.

کاربردی راه‌های مقابله با سرمازدگی، اداره کل هواشناسی استان اصفهان.

- براتیان، علی.، (۱۳۸۴) "بررسی تأخیر زمانی دما در اعماق خاک در ایستگاه شهرکرد"، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۴.

- بهیار، محمدباقر و کمالی، غلامعلی.، (۱۳۸۶) "رابطه دمای هوا با دمای سطح و اعماق مختلف خاک"، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۶.

- خوشخو، یونس؛ خلیلی، علی؛ رحیمی، حسن؛ ایران‌نژاد، پرویز.، (۱۳۸۸) "شبیه‌سازی عددی و بررسی آزمایشگاهی ضریب پخشیدگی گرمایی خاک یخ‌زده در شرایط رطوبتی متفاوت"، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۵، شماره ۱.

- رهنمایی، محمدتقی.، (۱۳۸۹) "توان‌های محیطی ایران"، تهران: انتشارات دانایی توانایی، چاپ اول.

- سبزی‌پرور، علی‌اکبر.، (۱۳۸۹) "برآورد میانگین روزانه دمای خاک در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از داده‌های هواشناسی"، مجله علوم آب و خاک، سال چهاردهم، شماره ۵۲.

- علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا.، (۱۳۷۳) "مبانی آب و هواشناسی"، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ چهارم.

- علیزاده، امین.، (۱۳۸۸) "فیزیک خاک".

- کاویانی، محمدرضا.، (۱۳۸۰) "میکروکلیماتولوژی"، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

- کردوانی، پرویز.، (۱۳۸۷) "جغرافیای خاک‌ها"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دهم.

- نجفی مود، محمدحسین؛ علیزاده، امین؛ محمدیان،

- Paol, K.I.; Polglase, P.J.; Smethuret, P.J.; O'connell, A.M.; Carlyle, C.J.; Khanna, P.K, (2004) " Soil Temperature under Forest: A Simple Model for Prediciting Soil Temperature under a RangeofForestTypes",Agric,ForestMeteorol,Vol. 121.
- Baggs, S.A., (1982) "Remote Prediction of Ground Temperature in Australian Soils and Mapping it's Distribution", Solar Energy, Vol. 30.
- Smit and his Collaborators, Dayly and Yearly, (1964) "Soil Temperatures for Different Places and Latitudes ".
- Harris, R. N., (2007) ", Variations in Air and Ground Temperature and the POM-SAT Model: Result from the Northern Hemisphere, Climate of the Past" No. 3, PP. 611- 621.
- Mihalakakou, G., (2001) "On Estimating Soil Surface Temperature Profiles", Energy & Building, Vol. 34.
- Peng, S.; Piao, S.; Wang, T. Sun J.; Shen, Z., (2009) "Temperature Sensitivity of Soil Respiration in Different Ecosystem in China", Soil Biologi & Biochemistry, Vol. 41.

